

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-196895  
 (43)Date of publication of application : 19.07.2001

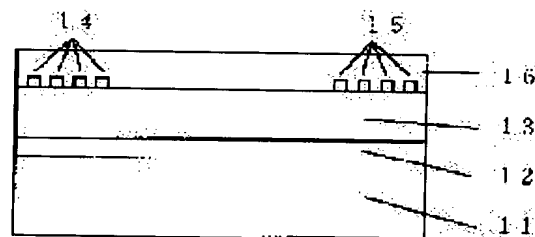
(51)Int.Cl. H03H 9/25  
 H03H 9/145

(21)Application number : 2000-002571 (71)Applicant : SEIKO EPSON CORP  
 (22)Date of filing : 11.01.2000 (72)Inventor : HIGUCHI AMAMITSU  
 IWASHITA SETSUYA  
 MIYAZAWA HIROSHI

**(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve problems of a conventional ZnO thin film on a crystal being a surface acoustic wave device aiming at temperature stability that cannot have thickened the film thickness of the ZnO resulting in decreasing the  $k_2$  of the entire element because the integration with other electronic device is difficult, the isolation of the ZnO is prone to decrease, and the absolute value of a negative TCF value of the crystal is small.

**SOLUTION:** Laminating a ZnO piezoelectric layer 13 oriented in the (001) with at least any of Li, Cu, Ag attached thereto on a Si substrate 11 oriented in the (100) can enhance the piezoelectricity and increase the  $k_2$  and depositing a SiO<sub>2</sub> protection layer 16 containing at least any of Li<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and having a negative center frequency temperature coefficient (TCF) value on the layer 13 can nullify the TCF value of the entire element without decreasing the  $k_2$  value so as to realize a communication device such as a high frequency filter and an oscillator with a small insertion loss and excellent temperature stability.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-196895

(P2001-196895A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

H 0 3 H 9/25  
9/145H 0 3 H 9/25  
9/145C 5 J 0 9 7  
C

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全4頁)

(21) 出願番号 特願2000-2571 (P2000-2571)

(22) 出願日 平成12年1月11日 (2000.1.11)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 樋口 天光

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 岩下 節也

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

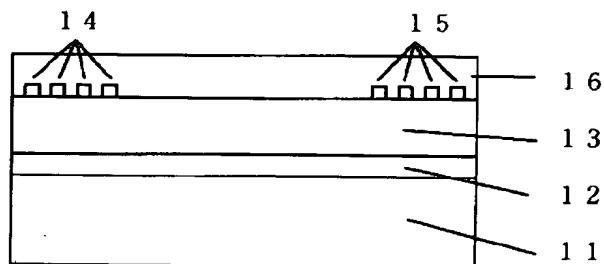
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面弾性波素子

(57) 【要約】

【課題】 温度安定性を目指した表面弾性波素子である水晶上のZnO薄膜の場合、他の電子デバイスとの集積化が困難であり、ZnOの絶縁性が低下しやすく、水晶の負のTCF値の絶対値が小さいのでZnOの膜厚を厚くできず、素子全体の $k^2$ が小さくなる、といった欠点があった。

【解決手段】 (100) Si基板11上に、Li、Cu、Agの少なくとも一つを添加した(001)配向ZnO圧電体層13を積層することにより、圧電性が向上し $k^2$ の値を増大させることができ、さらにその上にLi<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも一つを含み負の中心周波数温度係数(TCF)値を有するSiO<sub>2</sub>保護層16を堆積することにより、 $k^2$ 値を減少させることなく素子全体のTCF値を零にすることができ、挿入損失が小さく温度安定性に優れた高周波フィルタ、発振器などの通信デバイスを実現することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】(100)シリコン基板と、前記シリコン基板上の二酸化珪素からなるバッファ層と、前記二酸化珪素バッファ層上の酸化亜鉛からなる圧電体層とからなり、前記酸化亜鉛圧電体層の直下または直上にインターディジタル型電極を形成することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項2】前記酸化亜鉛圧電体層は、Znの一部をLi、Cu、Agの少なくとも一つで置換した組成を有することを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項3】前記酸化亜鉛圧電体層は、c軸が前記シリコン基板に垂直に配向し、かつa軸が前記シリコン基板に平行な面内で配向したエピタキシャル膜であることを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項4】前記酸化亜鉛圧電体層の上に、二酸化珪素からなる保護層を有することを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項5】前記二酸化珪素保護層は、SiO<sub>2</sub>の他、Li<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項4記載の表面弾性波素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報通信分野に用いられる表面弾性波素子に関し、特に圧電薄膜を用いた表面弾性波素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】携帯電話などの移動体通信を中心とした通信分野の著しい発展に伴い、表面弾性波素子の需要が急速に拡大している。表面弾性波素子の開発の方向としては、小型化、高効率化、高周波化の方向にあり、そのためには、より大きな電気機械結合係数(以下 $k^2$ )、より安定な温度特性、より大きな表面弾性波伝播速度、が必要となる。表面弾性波素子は、フィルタ、共振器等に用いられるが、例えば発振器として用いる場合は、その中心周波数温度係数(TCF)がなるべく零に近くなるような温度特性が望ましい。表面弾性波素子は、従来、主として圧電体の単結晶上にインターディジタル型電極(Inter-Digital Transducer、以下IDT)を形成した構造が用いられてきたが、温度特性の安定が必要なIFフィルタや発振器の場合には、TCFが零に近い水晶が圧電体基板として用いられてきた。

【0003】一方、酸化亜鉛(以下ZnO)のような温度特性に劣る圧電材料の場合には、例えば「表面波デバイスとその応用」電子材料工業会編 1978年発行 pp106~108 に記載されているように、TCFの符号が異なる材料、例えば二酸化珪素(以下SiO<sub>2</sub>)との積層によって温度特性を改善することが試みられてきた。Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 (1997) pp. 3076-3080や特開平9-1

30192に記載されているように、正のTCF値を有するカット角および伝播方向の水晶基板上に負のTCF値を有するZnO圧電膜を形成し、その膜厚を最適化することによってTCFを零近傍に調整することが試みられている。この場合、それぞれの層の膜厚を最適化することによって、温度特性のみならず、 $k^2$ 、表面波の伝播速度をも改善することが可能となる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の水晶上のZnO薄膜を用いた表面弾性波素子には、以下のような問題点がある。

【0005】まず、水晶基板を使用しなくてはならないため、他の電子デバイスと集積化することが困難であった。従って、シリコン(以下Si)基板上に直接堆積する構造が実現できれば、製造コストの低減も含めて大変有用である。またSiは、表面弾性波の伝播速度が5000m/s程度と大きいことも、高周波化にとって有用である。

【0006】次に、ZnOは一般にn型半導体の性質を示す材料であるため、低酸素雰囲気下での製膜プロセスによって酸素欠陥が生じると、導電性が出現してリーク電流や圧電定数の低下などの問題が生じやすかった。従って、ZnOの絶縁性を確保するため、Znより価数の小さな金属、すなわち1価の陽イオンになりやすい金属を添加することが望ましい。

【0007】一方、正のTCFを有するSiO<sub>2</sub>については、ZnOの負のTCFを相殺するためにはその膜厚をある程度厚くする必要があるが、その場合SiO<sub>2</sub>の小さな $k^2$ の影響で、素子全体の $k^2$ が小さくなってしまふといった欠点があった。従って、SiO<sub>2</sub>よりTCFの大きな材料を選択することが望ましく、このような材料としては、負の熱膨張係数を有するものが有望である。

【0008】本発明は以上述べた問題点を解決するものであり、温度特性に優れかつ $k^2$ が高く高周波化に対応できる薄膜を用いた表面弾性波素子を提供するものである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の表面弾性波素子は、(100)Si基板と、前記Si基板上的SiO<sub>2</sub>からなるバッファ層と、前記SiO<sub>2</sub>バッファ層上のZnOからなる圧電体層とからなり、前記ZnO圧電体層の直下または直上にIDTを形成することを特徴とする。

【0010】上記構成によれば、Si基板上に直接ZnO圧電体を堆積する構造が実現でき、製造コストの低減や他の電子デバイスの集積化にとって有利であるという効果を有する。

【0011】請求項2記載の表面弾性波素子は、ZnO圧電体層において、Znの一部をLi、Cu、Agの少

なくとも一つで置換した組成を有することを特徴とする。

【0012】上記構成によれば、ZnO圧電体層のリーク電流や圧電定数の低下などの問題を改善するという効果を有する。

【0013】請求項3記載の表面弾性波素子は、ZnO圧電体層において、c軸が前記シリコン基板に垂直に配向し、かつa軸が前記シリコン基板に平行な面内で配向したエピタキシャル膜であることを特徴とする。

【0014】上記構成によれば、平坦で緻密なエピタキシャル膜が得られるので、リーキー波伝播に伴う損失を低減させるという効果を有する。

【0015】請求項4記載の表面弾性波素子は、ZnO圧電体層の上に、SiO<sub>2</sub>からなる保護層を有することを特徴とする。

【0016】上記構成によれば、正のTCFを有するSiO<sub>2</sub>層がZnO層の負のTCFを相殺して素子全体のTCFを零にすることができ、温度安定性が改善されるという効果を有する。

【0017】請求項5記載の表面弾性波素子は、SiO<sub>2</sub>保護層において、SiO<sub>2</sub>の他、Li<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも一つを含むことを特徴とする。

【0018】上記構成によれば、SiO<sub>2</sub>層の正のTCF値を増大させることができるので、SiO<sub>2</sub>保護層の厚みを低減でき、素子全体のk<sup>2</sup>が改善されるという効果を有する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例にしたがって詳細に説明する。

【0020】(実施例1) 図1は本発明の表面弾性波素子の第1の実施例を示す図である。

【0021】Liを3mol%添加したZnOターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度600℃、酸素分圧3×10<sup>-3</sup>Torrの条件で、Si基板1上にZnO圧電体層3を2μm堆積した。このとき、Si基板1とZnO圧電体層3の間には、熱酸化によるSiO<sub>2</sub>酸化膜層2が形成される。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではなく、Li添加量もこれに限るものではない。

【0022】次に、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターンニングの連続プロセスを行い、ZnO圧電体層3上にIDT電極4、5を形成した。

【0023】得られた表面弾性波素子は、擬立方晶指数表示した場合、膜面に垂直方向に(001)ZnO/(100)Si、面内で[100]ZnO//[100]Siの配向膜であった。得られた表面弾性波素子について、IDT電極4、5の間での表面弾性波の遅延時間V<sub>open</sub>から求めた音速は4000m/sであった。IDT電極4、5の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性

波の遅延時間V<sub>short</sub>との差から求めると、k<sup>2</sup>は0.01となった。Liを添加しないZnOターゲットを用いた場合に、音速が4000m/s、k<sup>2</sup>が0.001であることから、Liを添加して圧電性が向上したことが明らかである。

【0024】また、Liの代わりにCuまたはAgを添加したZnOを圧電体層に用いた場合も同様な効果が得られた。なお、IDT電極を圧電体層の下に形成した場合も同様な効果が得られた。上述のように、Li、Cu、Agのいずれかを添加したZnOターゲットを用いて(100)Si基板上に(001)配向ZnO圧電薄膜を堆積することにより、k<sup>2</sup>を向上させることが可能となる。

【0025】(実施例2) 図2は本発明の表面弾性波素子の第2の実施例を示す図である。

【0026】Liを3mol%添加したZnOターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度600℃、酸素分圧3×10<sup>-3</sup>Torrの条件で、Si基板11上にZnO圧電体層13を2μm堆積した。このとき、Si基板11とZnO圧電体層13の間には、熱酸化によるSiO<sub>2</sub>酸化膜層12が形成される。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではなく、Li添加量もこれに限るものではない。

【0027】次に、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターンニングの連続プロセスを行い、ZnO圧電層13上にIDT電極14、15を形成した。

【0028】最後に、Li<sub>2</sub>O・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・4SiO<sub>2</sub>ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度25℃、酸素分圧3mTorrの条件で、SiO<sub>2</sub>保護層16を2μm堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0029】得られた表面弾性波素子は、擬立方晶指数表示した場合、膜面に垂直方向に(001)ZnO/(100)Si、面内で[100]ZnO//[100]Siの配向膜であった。またSiO<sub>2</sub>保護層はアモルファスであった。

【0030】得られた表面弾性波素子について、IDT電極14、15の間での表面弾性波の遅延時間V<sub>open</sub>から求めた音速は4000m/sであった。IDT電極14、15の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間V<sub>short</sub>との差から求めると、k<sup>2</sup>は0.01となった。TCFは25℃で-1ppm/℃であった。これは、Li<sub>2</sub>OまたはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を添加しないSiO<sub>2</sub>ターゲットを用いた場合に比べ、音速4000m/s、k<sup>2</sup>=0.01は同じであるが、TCFは25℃で-10ppm/℃という値に比べてはるかに小さくなった。

【0031】また、Liの代わりにCuまたはAgを添加したZnOを圧電体層に用いた場合も同様な効果が得られた。さらに、Li<sub>2</sub>O・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・4SiO<sub>2</sub>の代わ

りに $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ のいずれかを含んだ $\text{SiO}_2$ を保護層に用いた場合も、同様な効果が得られた。なお、IDT電極を圧電体層の下に形成した場合も同様な効果が得られた。

【0032】上述のように、(100) Si基板上に、Li、Cu、Agのいずれかを添加したZnO圧電薄膜を堆積し、さらに $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を含んだ $\text{SiO}_2$ 保護層を堆積することにより、温度特性を向上させることが可能となる。

【0033】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の表面弾性波素子によれば、Si基板上に、Li添加ZnO圧電体層を堆積することにより、圧電性が向上し $k^2$ の値を増大させることができ、さらにその上に $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の少なくとも一つを含み正のTCFを有する $\text{SiO}_2$ 保護層を堆積することにより、ZnO層の負のTCFを相殺して素子全体のTCFを零にすることができ、挿入損失が小さく温度安定性に優れた高周波フィルタ、発振器などの通信デバイスを実現することができ

る。

【図面の簡単な説明】

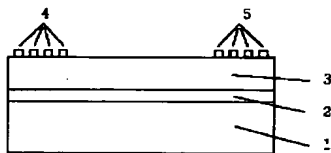
【図1】本発明の一実施例を示すLi添加ZnO圧電体層を有する表面弾性波素子の断面図である。

【図2】本発明の一実施例を示すLi添加ZnO圧電体層および $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を含んだ $\text{SiO}_2$ 保護層を有する表面弾性波素子の断面図である。

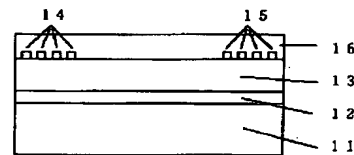
【符号の説明】

1. (100) Si基板
2.  $\text{SiO}_2$ 酸化膜層
3. (001) ZnO圧電体層
4. IDT電極
5. IDT電極
11. (100) Si基板
12.  $\text{SiO}_2$ 酸化膜層
13. (001) ZnO圧電体層
14. IDT電極
15. IDT電極
16.  $\text{SiO}_2$ 保護層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 宮澤 弘  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5J097 AA06 AA21 AA23 DD29 EE08  
FF02 FF05 HA02 HA03 KK09